7M

УДК 681.335:004.891

Т.Л. Мазурок
Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса, Украина

Нейро-нечёткая реализация синергетического управления индивидуализированным обучением

В статье рассматривается проблема управления обучением на основе синергетического подхода. На основе исследования существующих противоречий традиционных схем управления разработана синергетическая модель управления обучением. Предложен графо-аналитический метод реализации управления, нейро-нечёткая система оптимизации индивидуальной подачи материала. Результаты исследований могут быть использованы для автоматизации управления индивидуализированным обучением.

Введение

Актуальность. Одной из необратимых тенденций образования в информационном обществе является создание условий для индивидуализированного обучения. Актуальность методологии разработки индивидуальных траекторий обучения согласуется как с теоретическим обоснованием дидактической целесообразности индивидуализированного обучения [1], так и с основными целями международных образовательных проектов – Межправительственной программы ЮНЕСКО «Образование для всех» [2], Болонской декларации [3].

Очевидно, что формирование гибких индивидуальных учебных планов, сопровождение процесса их выполнения может быть реализовано только на основе широкого использования средств информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Однако, несмотря на значительные успехи в области применения ИКТ для повышения эффективности обучения, значительная часть их высоких потенциальных возможностей остаётся нереализованной. Таким образом, существует противоречие между высоким уровнем возможностей ИКТ для индивидуализации обучения и недостаточной степенью их практического использования во всех формах образования. Преодоление данного противоречия, с нашей точки зрения, возможно на основе разработки моделей автоматизированного управления процессом обучения, что требует адаптации современной теории управления к потребностям образования.

Совершенствование моделей и методов для построения систем автоматизированного управления индивидуализированным обучением представляет собой **нерешенную проблему** и определяет **актуальность** данного исследования.

Целью работы является разработка синергетической модели системы управления обучением, её реализация на основе нейро-нечёткой сети.

Постановка задачи. Анализ результатов кибернетического подхода к проблемам обучения показывает, что основу управления дидактическими системами составляет цикличное замкнутое управление по принципу «белого (прозрачного) ящика». Осуществление такого управления возможно при выполнении следующей системы требований кибернетического характера: указание цели управления; установление исходного состояния управляемого процесса; определение программы воздействий, задающей основные переходные состояния процесса; обеспечение систематической обратной связи; выработка и реализация корректирующих воздействий.

Сравнение этих требований со структурой процесса управления обучением показывает их практическое совпадение. Однако, к нерешённым вопросам в данной аналогии относятся вопросы определения границ объекта управления; формализация цели управления; оценивание результатов управления. Для достижения поставленной задачи исследования необходимо на основе системного исследования структур управления обучением разработать синергетическую модель управления, интеллектуальный преобразователь для её реализации.

Решение поставленной задачи

Основные структуры управления обучением. Рассмотрим основные противоречия в традиционно применяемых схемах управления обучения. В качестве объекта управления обучением выделим две структуры, представляющие собой педагогические системы, которые формально можно представить кортежем:

$$S_p = \{E_з, E_m, P, R\} \rightarrow C, \qquad (1)$$

где $E_з$ – группа элементов, формулирующих дидактическую задачу («кого» учить, «чему» учить): содержание; обучаемые;

E_m – группа элементов, образующая педагогическую технологию, гарантированно решающую данную дидактическую задачу («как» учить): преподаватели; дидактическая система; учебно-научная материальная база. Дидактическая система, в свою очередь, состоит из следующих элементов: множества методов обучения $\{m1, m2, \ldots, mk\}$, форм обучения $\{f1, f2, \ldots, fl\}$, средств обучения $\{s1, s2, \ldots, sm\}$, множества монодидактических систем $\{ds1, ds2, \ldots, dsn\} \in DS$;

P – конкретные свойства элементов кортежа;

R – связи между элементами;

C – вектор цели обучения.

Первая структура отношений в педагогической системе – «один преподаватель – несколько учеников» (рис. 1). В такой системе преподаватель осуществляет функции измерения результатов обучения каждого обучаемого, сравнивает с заданными (диагностично поставленными целями обучения), принимает решение о необходимости управляющего воздействия и реализует его. В такой системе при изучении одной дисциплины цель обучения может быть сформирована с помощью вектора диагностично поставленной цели обучения:

$$C = \{N_{УЭ}, U, A, O, K_y, K_н\}, \qquad (2)$$

где $N_{УЭ}$ – число учебных элементов (УЭ);

U_y – уровень усвоения УЭ;

A – показатель ступени абстракции УЭ;

O – показатель степени осознанности усвоения УЭ;

K_y – коэффициент усвоения УЭ;

$K_н$ – коэффициент навыка усвоения УЭ.

С учётом рекомендаций [1] цель изучения содержания дисциплины формулируется следующим образом: «Изучить заданные учебные элементы на уровне усвоения деятельности U_y с коэффициентом усвоения K_y, ступенью абстракции A, коэффициентом навыка $K_н$ на уровне осознанности O». Такую формулировку цели называют диагностично заданной.

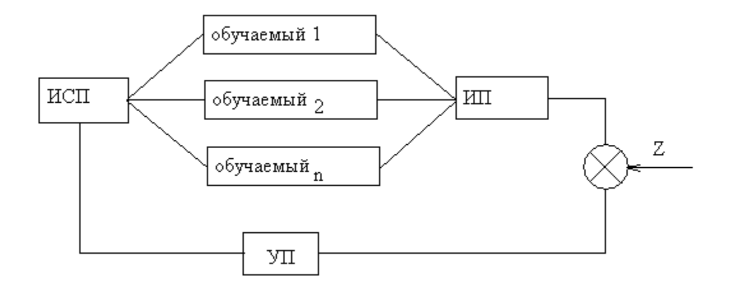


Рисунок 1 – Схема управления обучением со стороны преподавателя

Автоматизация процессов управления, заключающаяся в формировании целей, принятии решений и их исполнении, устраняет информационную перегрузку преподавателей.

Вторая структура объекта управления – «несколько преподавателей – один учащийся» (рис. 2). Здесь в качестве цели обучения используется задание системы компетенций, которые имеют междисциплинарный характер и межпредметный способ формирования [4]. Основным противоречием, которое должно быть устранено с помощью автоматизации управления, является отсутствие координации действий нескольких субъектов управления по отношению к одному учащемуся, что приводит к его информационной перегрузке, снижает эффективность обучения.

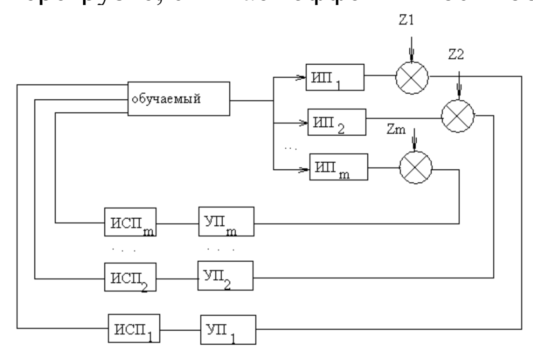


Рисунок 2 – Схема потоков учебных воздействий на обучаемого

Для устранения указанных противоречий предлагается рассматривать управление процессами обучения с точки зрения синергетики. Синергетический подход к процессам обучения позволяет использовать для автоматизации управления методы координации и свойство интерактивной хаотической среды оказывать продуктивное воздействие на развитие творческого мышления. Для осуществления такого подхода преподаватель должен использовать различные формы межпредметной интеграции на основе использования массива междисциплинарных учебных элементов.

Синергетическая модель управления обучением. В связи с происходящими изменениями в теории управления, касающимися расширения объекта её рассмотрения от сугубо технических систем до организационно-технических и социальных, для которых характерна нелинейность, диссипативность, динамичность, широкое распространение получил синергетический подход в управлении. Теория синергетического управления [5] является современной концепцией синтеза и анализа систем управления многомерными нелинейными объектами в динамических системах.

Процесс обучения представляет собой сложный социотехнический объект, состоящий из большого количества разрозненных подсистем и в общем случае не имеющий адекватного формального описания. Поэтому рассмотрим процесс обучения с позиции теории самоорганизации сложных упорядоченных систем, применив так называемый

синергетический подход. Корректность такого подхода обосновывается нами на основе следующих соображений. Во-первых, система обучения относится к классу нелинейных систем, т.к., например, увеличение управляющего воздействия в виде необходимого для изучения учебного материала не приводит к однозначному результату в виде его усвоения. Известно, что сложноорганизованным системам нельзя «навязывать» пути их развития, а необходимо понять, способствуя их собственным тенденциям развития, как вывести системы на эти пути. Одним из постулатов синергетического подхода является то, что проблема управляемого развития принимает форму самоуправляемого развития. Во-вторых, широкое распространение различного рода учебной информации в электронном виде, с одной стороны, и, с другой стороны, плюралистичный характер достижения целей обучения, объективно приводят к хаосу учебной информации. Второй постулат синергетического подхода демонстрирует созидательные возможности хаоса под воздействием внутренних сил. Таким образом, формирование индивидуальной стратегии обучения представляет собой формирование порядка для конкретного обучаемого из хаоса учебных воздействий. Система обучения является диссипативной, т.е. открытой, т.к. она в реальном режиме времени обменивается ресурсами, знаниями и информацией с внешней средой. В-третьих, различие в формах и степени интеграции содержания различных учебных дисциплин, требует разнообразия в сочетаниях учебных дисциплин при формировании системы компетенций. Если в результате самоорганизации возникает несколько конкурирующих диссипативных структур, то выживает та из них, которая производит энтропию с наибольшей скоростью. В-четвёртых, возникновение новых упорядоченных структур происходит по бифуркационному сценарию, т.е. в выбор дальнейшего пути в точках бифуркации определяется не только её историей, но и соответствует новому порядку самоорганизации.

Таким образом, учёт в процессе анализа «синергетических» свойств и особенностей, характерных для обучения, даёт возможность определить параметры процесса управления обучением, адаптированного для конкретного обучаемого.

Графо-аналитический метод синергетического управления процессом обучения. Возможность индивидуализации процесса управления обучением основывается на использовании межпредметных связей на основе учёта индивидуальных характеристик обучаемого, определяющих память и скорость формирования направленных ассоциаций. Соотношение между этими характеристиками определяет вектор интеллекта, который выражает продуктивность обучения с помощью двух коэффициентов: f – коэффициента забывания; c – коэффициента умозаключения.

Для определения внутреннего содержания вектора интеллекта разделим всю информацию, подлежащую усвоению, на два блока: блок учебных элементов (УЭ) – A, блок комплексов – B. Причём под блоком комплексов будем понимать множество бинарных отношений взаимосвязи между УЭ, принадлежащих к разным учебным дисциплинам. Каждый элемент блока УЭ a_i имеет свой номер i в соответствии с моментом времени t_i, в который обучаемый получает информацию об этом УЭ. Следовательно, множество A имеет отношение порядка, определяемое однозначно на основе теоремы Гёделя, согласно которой в любой системе знаний можно поставить задачу, требующую для её решения ввода нового элемента.

Блок комплексов B содержит результаты умозаключений, основанных на сформированных внутрипредметных и межпредметных ассоциациях. Каждый комплекс имеет не менее двух элементов множества A. Построим граф индивидуальной траектории обучения ГТ, в котором вершинами служат элементы блока A. Соединим ребром элементы a_i и a_j, если они принадлежат хотя бы одному комплексу. Обозначим это ребро $b_{i\gamma}$ и его вес $q_{i\gamma}$, равный количеству комплексов, в которые входят элементы a_i и a_γ.

Вес вершины a_i обозначим q_i и примем его равным числу единиц в i-й строке матрицы смежности. Построенный таким образом граф имеет линейную укладку, показанную на рис. 3, где N – число УЭ.

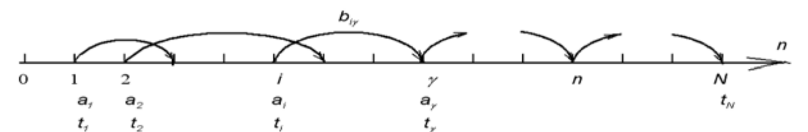


Рисунок 3 – Линейная укладка графа обучения $ГT(A,B)$

Придавая направления рёбрам графа, получаем, как показано на рис. 3, ориентированный граф, у которого направление дуг принимается по правилу: если $i < j$, то дуга b_{ij} имеет начало в вершине a_i, а конец в вершине a_γ. Для любого момента времени t существует такое натуральное число n_t, зависящее от t, когда справедливо неравенство (рис. 4):

$$t_n \le t \le t_{n+1} \tag{3}$$

t
a_{n-1} a_n a_{n+1} a
t_{n-1} t_n t_{n+1} t

Рисунок 4 – Определение числа вершин $n(t)$ за время обучения t

Если ввести невесомые дуги, число которых равно числу нулей в матрице смежности, то общее число дуг за время t будет равно:

$$m_t = \sum_{i=1}^{n_t} \sum_{\gamma=n_t-i}^{n_t} q_{ij} . \tag{4}$$

Теперь можно ввести понятие подграфа обучения $Г_t$, который состоит из n_t вершин и m_t дуг, а также определить цикломатическое число:

$$K_t = m_t - n_t + l_t, \tag{5}$$

где l_t – число компонент связности графа $Г_t$.

Заметим, что все вершины графа обучения могут быть двух видов. Некоторые из них считаются базовыми и не подлежат определению (например, точка, прямая и плоскость). Второй тип вершин вводится при помощи логических определений (например, биссектриса, окружность, парабола). Существование вершин второго типа показывает, что блок памяти A имеет корреляцию с блоком умозаключений B. Заметим также, что каждая дуга блока умозаключений B отражает некоторую мыслительную операцию. Поэтому исчезновение из памяти какой-нибудь из вершины блока A влечёт разрушение одной или нескольких дуг блока B, что соответствует удалению одной или нескольких мыслительных операций. Отсюда также следует логическая связь между коэффициентами f и c в уравнениях состояния [6]:

$$\frac{dx}{dt} = fuy, \qquad \frac{dy}{dt} = c(1-u)xy, \tag{6}$$

где x – относительный объём накопленных знаний, что равносильно относительному числу вершин в блоке A;

y – относительный объём накопленных умений, что равносильно относительному числу дуг в блоке B;

u – доля времени, отведённая накоплению знаний;

f – коэффициент забывания;

c – коэффициент умозаключения.

Логической связи между коэффициентами f и c можно придать аналитическую форму, если зафиксировать значение u и ввести отношение $tg\varphi = \frac{c}{f}$ (φ – фаза интеллекта). Формула этой связи следует из системы (6):

$$\frac{2uy}{x^2(1-u)} = \frac{c}{f}. \qquad (7)$$

Отношение $\frac{c}{f}$ связывает эвристическую способность личности с качеством памяти. Согласно [7] эвристические рассуждения часто основываются на индукции, дедукции и аналогии. Блок B, как и любая другая модель мыслительной деятельности, не может полностью отражать эвристические способности, так как часто на результаты умственной работы влияет подсознательная деятельность. Но чтобы вызвать подсознательную деятельность, совершенно необходимо сознательное усилие и напряжение [7]. Умение сознательно удерживать напряжение при решении сложных задач может быть принят третьей компонентой вектора интеллекта, так как он отражает фактор мотивации, тесно связанный с обучением. Однако в данной работе рассматривается двумерный вектор интеллекта.

Линейная укладка графа обучения (рис. 3) имеет различные временные интервалы $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$, которые зависят от календарных планов обучения различных учебных дисциплин. Априорно до составления календарного плана последовательность $\{t_i\}$ в терминах теории случайных процессов может интерпретироваться как пуассоновский поток событий [8] с плотностью вероятности показательного закона распределения промежутков времени между двумя схожими событиями:

$$g(\Delta t) = \lambda e^{-\lambda \Delta t}. \qquad (8)$$

Соответствующая функция распределения равна:

$$G(\Delta t) = 1 - e^{-\lambda \Delta t}, \qquad (9)$$

а параметр λ имеет оценку:

$$\lambda = \frac{N}{t_N}, \qquad (10)$$

где N, t_N – соответственно число элементов блока A и время обучения.

Распределение числа вершин также имеет вероятностную природу. Действительно, к моменту времени t число вершин, изучаемых по календарному плану, равно n_t, а число вершин, усвоенных студентом, есть случайное число a_t. Поэтому отношение $x_t = a_t / n_t$ можно интерпретировать как статистическое определение вероятности: отношение числа благоприятных исходов к числу испытаний. Аналогично получим вероятность усвоения числа рёбер b_t подграфа Γ_t:

$$y_t = \frac{b_t}{m_t}, \qquad (11)$$

где m_t – число рёбер подграфа обучения,

b_t – число рёбер, соответствующих блокам, усвоенным студентом.

Итак, получена вероятностная интерпретация вектора интеллекта (x_t, y_t) с координатами:

x_t – вероятность усвоения элементов, соответствующих вершинам подграфа обучения Γ_t;

y_t – вероятность усвоения блоков, соответствующих рёбрам подграфа обучения Γ_t.

Для вычисления этих вероятностей сформулируем гипотезу забывания: уменьшение объёма ΔM усвоенного учебного материала пропорционально объёму M и приращению времени Δt, т.е.

$$\Delta M = -\gamma M \Delta t, \tag{12}$$

иначе

$$dM = -\gamma M dt, \tag{13}$$

откуда следует

$$M = M_0 e^{-\gamma t}, \tag{14}$$

где M_0 – начальный объём усвоенного материала. Придавая отношению M / M_0 смысл вероятности сохранения изученного материала, запишем:

$$p(t) = e^{-\gamma t}. \tag{15}$$

Формула (15) определяет вероятность сохранения информации в памяти за время t после её подачи. Здесь параметр γ зависит от коэффициента забывания f. Используя линейную укладку подграфа Γ_t и весовые коэффициенты его вершин, из (15) находим

$$x_t = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n_t} q_i e^{-\gamma(t-t_i)}\right)}{\left(\sum_{i=1}^{n_t} q_i\right)}. \tag{16}$$

Чтобы получить формулу для y_t, заметим, что вероятность сохранения в памяти ребра $p_{i\gamma}$ подграфа Γ_t связана теоремой умножения с вероятностями сохранения его концов p_i и p_γ. Поэтому, аналогично (16), запишем с учётом (4):

$$y_t = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n_t} \sum_{j=n_t-i}^{n_t} q_{ij} e^{-\gamma(t-t_i)} e^{-\gamma(t-t_j)}\right)}{\left(\sum_{i=1}^{n_t} \sum_{j=n_t-i}^{n_t} q_{ij}\right)}$$

или (17)

$$y_t = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n_t} \sum_{j=n_t-i}^{n_t} q_{ij} e^{-\gamma(2t-t_i-t_j)}\right)}{\left(\sum_{i=1}^{n_t} \sum_{j=n_t-i}^{n_t} q_{ij}\right)}.$$

Формулы (16), (17) дают возможность экспериментального определения x_t и y_t по двум источникам (графу индивидуальной траектории обучения и календарному плану занятий).

Вычислим производные в системе (16), (17):

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{\gamma}{Q_t}\sum_{i=1}^{n_t} q_i e^{-\gamma(t-t_i)} - \frac{x}{Q_t}\cdot\frac{dQ_t}{dt};$$

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{2\gamma}{R_t}\sum\sum q_{ij} e^{-\gamma(2t-t_i-t_j)} - \frac{y}{R_t}\cdot\frac{dR_t}{dt}; \qquad (18)$$

$$Q_t = \sum_{i=1}^{n_t} q_i, \;\; R_t = \sum_{i=1}^{n_t}\sum_{j=n_{t-i}}^{n_t} q_{i\gamma}$$

Исключив из (18) знаки суммирования, получим

$$\frac{dx}{dt} = -\left(\gamma + \frac{d}{dt}Q_t\right)x;$$

$$\frac{dy}{dt} = -\left(2\gamma + \frac{d}{dt}R_t\right)y. \qquad (19)$$

Равенства (16), (17) и (18) позволяют использовать систему (6) для накопления статистических данных вектора интеллекта (f, c)

$$f = \frac{dx}{dt}\Big/ uy;$$

$$c = \frac{dy}{dt}\Big/ (1-u)xy. \qquad (20)$$

Формулы (16), (17) и (19) содержат интервалы Δt_i и коэффициент γ гипотезы забывания (15). Так как распределение Δt_i имеет параметр λ в плотности вероятности (8), то компоненты f и c зависят от параметров λ, γ, u. Очевидно, что параметр λ зависит от скорости подачи учебного материала, так как он связан с календарным планом, составление которого является частью управленческих мероприятий. Параметр u, представляющий долю времени усвоения тезауруса учебной программы, относится к методике преподавания. Поэтому выбор его значения также является частью управленческих мероприятий. Отсюда получаем треугольник управления обучением (рис. 5)

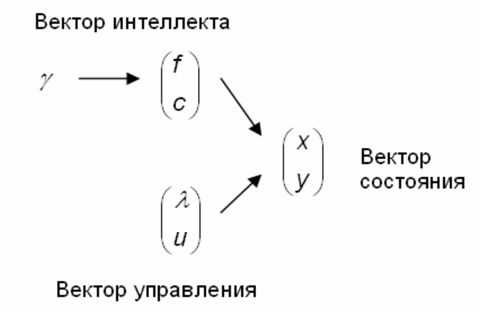


Рисунок 5 – Треугольник управления обучением

Схема на рис. 5 показывает, что оптимизация управления обучением достигается при условии учёта распределения вектора интеллекта. Без учёта распределения параметров f и c увеличение интенсивности занятий за счёт повышения скорости подачи учебного материала (увеличения параметра λ) может дать обратный эффект: снижение компонент вектора состояния. С другой стороны, выбор значения параметра u нельзя осуществить без информации о количестве вершин и дуг графа обучения. Графо-аналитический метод оптимизации управляющих параметров λ и u следует производить на основе плотности вероятности $w(f,c)$, позволяющей вычислять доверительные вероятности компонент x и y вектора состояний знаний и умений. Экспериментальное определение значений f и c у конкретного обучаемого надо производить с помощью специально разработанных тестов. Итак, система уравнений (6), (16), (17), (19) образует математическую модель, реализующую графо-аналитический метод синергетического управления процессом обучения. Полученная модель показывает, что оптимизация процесса индивидуальной подачи материала связана с определением параметра u. Данный параметр, в свою очередь, зависит от значений f, c, x, y, λ.

Нейро-нечёткая реализация синергетической модели управления. В связи с тем, что параметры, определяющие индивидуальную подачу материала, имеют качественный характер, определение выходных параметров затруднено отсутствием прямой аналитической зависимости. Кроме того, специфика процесса обучения определяет необходимость возможности просмотра формируемых правил базы знаний. Поэтому для реализации схемы управления применена нейро-нечёткая система, структура логического вывода которой показана рис. 6.

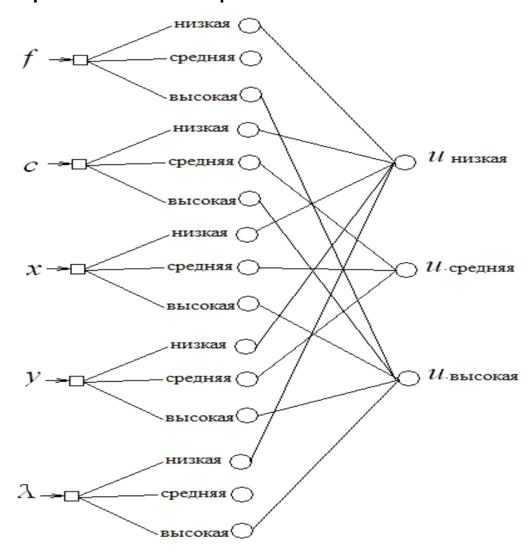


Рисунок 6 – Структура нечёткого логического вывода

На вход системы подаются лингвистические переменные, соответствующие зависимым параметрам синергетической модели: f, c, x, y, λ. Каждая из лингвистических переменных описывается с помощью терм-множеств $T = \{\text{"низкая"}, \text{"средняя"}, \text{"высокая"}\}$ применительно к степени проявления признака. Для задания функции принадлежности использовались сигмоидальная и гауссовская функции [9].

В состав нейро-нечёткой системы входят следующие элементы:

1. Система нечёткого вывода, на вход которой подаются лингвистические переменные. В состав каждой нечёткой системы выводов входят: блок введения нечёткости, база нечётких правил, механизм выводов и блок приведения к чёткости.
2. Механизм обучения нейронной сети.

3. Выходной слой нейро-нечёткой системы для выполнения операции приведения к чёткости.

Механизм нечётких выводов использует базу знаний в виде совокупности нечётких предикатных правил, составленных на основе сочетания пассивных методов извлечения знаний (работа с дидактической литературой) с последующим опросом преподавателей-экспертов. Так как структура сети представляет собой многослойную структуру, то в качестве обучающей выбрана функция, реализующая метод обратного распространения (алгоритм Левенберга – Марквардта), которая обеспечивает максимальное быстродействие.

Результаты обучения в течение 50 эпох показали, что среднеквадратичная ошибка составляет приблизительно $7.7 \cdot 10^{-33}$, что является удовлетворительным. Практическая реализация выполнена с помощью пакетов Neural Networks Toolbox и Fuzzy Logic Toolbox математической системы MATLAB. Практическое исследование было выполнено для индивидуального управления процессом формирования компетенций бакалавров специальности 0925 «Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии».

Выводы

Предложенный подход позволяет учесть вектор интеллекта и вектор состояния модели обучаемого в процессе выработки управляющих воздействий, что соответствует синергетическим тенденциям в управлении. В настоящем исследовании выявлены основные параметры, влияющие на интенсивность обучения. Разработана структура нейро-нечёткой реализации данного подхода и приведены результаты компьютерных экспериментов. Интеллектуальный подход к реализации синергетического управления позволяет на основе учёта особенностей процесса обучения решить указанные противоречия, которыми характеризуется традиционное управление обучением. К перспективным направлениям данного исследования, на наш взгляд, следует отнести включение в предложенную схему управления модель взаимосвязи системы межпредметных связей с системой формируемых компетенций.

Литература

1. Беспалько В.П. Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия) / Беспалько В.П. – М. : МПСИ, 2002. – 352 с.
2. Гриценко В.И. Высшее образование в информационную эпоху: вызовы глобализации / Гриценко В.И. – К. : МННЦ ИТ и С НАНУ и МОН, 2009. – 38 с.
3. Півняк Г. Стандарти вищої освіти у контексті Болонської декларації / Г. Півняк, В. Салов // Освіта України. – 2004. – № 42-43, 2 червня – С. 6.
4. Мазурок Т.Л. Эволюционный подход к определению системы компетенций / Т.Л. Мазурок // Вісник ХНТУ. – 2008. – № 2(31). – С. 295-299.
5. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза / Колесников А.А. – М. : УРСС, 2006. – 240 с.
6. Орлов А.И. Менеджмент : учебник / Орлов А.И. – М. : Изумруд, 2003. – 298 с.
7. Пойа Д. Как решать задачу / Пойа Д. – Львов : Журн. «Квантор», 1991. – 214 с.
8. Скороход А.В. Элементы теории вероятностей и случайных процессов / Скороход А.В. – К. : Вища школа, 1980. – 218 с.
9. Сетлак Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений / Сетлак Г. – К. : Логос, 2004. – 251 с.
10. Потеев М.И. Практикум по методике обучения во ВТУЗах / Потеев М.И. – М. : Высшая школа, 1990. – 127 с.

T. Mazurok

Neuro-fuzzy Implementation of the Synergistic Control by Individualized Teaching

The problem of teaching on the basis of a synergistic approach is considered. On the basis of investigation of existing control in traditional schemes the model of teaching control is developed. A graph-analytical method for implementing control, neuro-fuzzy system to optimize the individual teaching styles is proposed. The research results can be used to automatic control of individualized learning.

Статья поступила в редакцию 02.07.2010.